

Астахова Е. А., Мартынова Е. В.

## РАЗВИТИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА РАБОТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Аннотация.* В статье рассмотрены вопросы о развитии автоматизированной системы мониторинга работы производственного оборудования на примере металлургического производства. Результаты исследования приведены на основе спрогнозированных нормативов протекания производственных процессов, выполнения материальных потоков и бизнес-процессов. Рассмотрены вопросы о методологических основах и принципах взаимосвязей многоструктурных алгоритмических блоков (МАБ), моделирующих длительность операций и имитационных моделей, прогнозирующих время циклов производства по цехам и переделам металлургического предприятия, показан способ включения нормативных моделей и блока нормативного оценивания в систему SAP ERP и автоматизированную логистическую систему управления.

*Ключевые слова:* система, автоматизация, металлургия, предприятие, нормативы, бизнес-процессы, циклы, производство, алгоритм, концепция, развитие, прогнозирование, модернизация, цифровизация, надёжность, оптимизация, классификация, ремонт оборудования.

*Abstract.* The article deals with the development of an automated system for monitoring the operation of production equipment on the example of metallurgical production. The results of the study are based on the predicted standards for the flow of production processes, material flows and business processes. The meeting focused on the methodological foundations and principles of relationships and multi-structured algorithmic blocks (MAB), simulating the duration of the operations and simulation models that predict the cycles of production through the shops and fields of metallurgical enterprises shows the way to incorporate normative patterns and the normative unit of assessment in the SAP ERP system and automated logistics control system.

*Keywords:* system, automation, metallurgy, enterprise, standards, business processes, cycles, production, algorithm, concept, development, forecasting, modernization, digitalization, reliability, optimization, classification, and repair of equipment.

### Введение

Ввиду развития глобального тренда на цифровизацию, большое количество предприятий приняли решение о технологическом обновлении производственных систем, внедрении автоматизированных информационных систем управления предприятием, для модернизации экономической, энергетической, функциональной и материальной инфраструктуры.

Главным аспектом развития систем управления металлургическим предприятием являются информационные технологии. Поэтому важно при модернизации существующих систем автоматизированного управления,

внедрения ресурсосберегающих технологий, развивать нормативную базу информационной системы управления, которая способствует повышению эффективности производства, развитию организации бизнес-процессов и логистики предприятия с целью получения на выходе конкурентоспособной информационной и материальной продукции.

Важнейшим резервом повышения качества управления производственными функциональными подразделениями, бизнес-процессами, решением информационных задач является создание алгоритмических блоков нормативной базы, позволяющих в полной мере осуществить модернизацию автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП). Применение соответствующей требованиям качества информационной системы управления позволяет использовать гибкие технологии, организовать сценарное и многовариантное планирование продукции и услуг чёрной металлургии.

В настоящее время, практика показывает, что комплексное развитие систем, используемых на металлургическом предприятии, включающая системную модернизацию управления их деятельности, является конкурентоспособной мировому рынку, перспективно значимой и всецело развивающей производственно-металлургический комплекс [1].

Основными проблемами, которые сдерживают развитие информационных технологий технических средств автоматизации, являются: трудности соединения в единую систему, систем автоматизации класса ERP, с уже функционирующими, ранее созданными подсистемами АСУ ТП и автоматизированными системами управления производством (АСУП). Существуют также несоответствия между уровнями технического и технологического развития и качества внедрения ERP-систем, несоблюдение системного подхода при автоматизации бизнес-процессов разного типа, отсутствие соответствующей им классификации и натурных исследований.

### **Литературно-аналитический обзор**

Для поиска информации были выбраны источники, связанные с IT-поддержкой технологии управления производственным процессом, функционированием работы стана и производственной линии, информационной поддержкой технологий передачи, обработки и классификации данных, полученных с оборудования.

Поиск информации осуществлялся по 3 направлениям.

*Печатные издания.* Проведение цифровой трансформации позволит преобразовать существующие системы учёта, чтобы получить необходимый

экономический эффект. Об этом говорится в научно-популярных изданиях журнала «Наука и Бизнес: Пути Развития» [17] и в интервью о цифровизации металлургической отрасли журнала «CNews» [14].

На текущий момент большинство компаний использует ERP-системы управления ресурсами, например SAP [12], 1С ERP2.0 [13], Microsoft Dynamics NAV [114]. Данные системы позволяют определять аналитические зависимости и характеристики текущего состояния оборудования, но только на верхнем уровне управления.

Для достижения положительного экономического эффекта также важно целеполагание, управление и планирование, неразрывно связанное с ресурсами. Современному предприятию требуются инструменты объективной оценки работы как единицы производственного оборудования, так и всего станочного парка с целью принятия управленческих решений по внесению изменений в производственный процесс для увеличения его эффективности, снижения издержек за счёт простоев и брака, снижения энергоёмкости продукции.

*Электронные научные порталы:* просмотрено порядка 84 научных работ на электронных ресурсах Google Scholar и КиберЛенинка по соответствующим ключевым словам.

*Эксперты.* Мнение об актуальности выбранной темы, системах, реализуемых на предприятиях, техническую оценку в их эксплуатации дали ведущие специалисты, представители горно-металлургической отрасли.

В ходе литературно-аналитического обзора был проведен анализ систем мониторинга нижнего уровня АСУ ТП, а также систем верхнего уровня управления. Выявлено, что среди систем нижнего уровня существуют системы как обеспечивающие прямую передачу данных с датчиков и контроллеров, так и те, которые требуют вмешательства человеческого фактора.

Во втором случае данные могут быть значительно изменены, что в следствии не даст реальную картину о работе оборудования.

Среди систем верхнего уровня управления существует ряд систем обеспечивающих комплексное интегрированное решение для анализа данных, но не обладающих интеграцией с системами нижнего уровня. Т.е. существует необходимость полного перехода предприятия и замены оборудования на оборудование и ПО компании, представляющую систему верхнего уровня.

Следовательно, проведенный литературно-аналитический обзор не позволил определить единый прототип, который позволил бы обеспечивать прямую передачу данных с нижнего уровня АСУ на верхний, при этом не требуя дополнительных затрат на замену оборудования и обладал модулем визуализации и комплексного анализа на верхнем уровне управления. Поэтому

принято решение об использовании компилятивного прототипа.

### **Аналоги и их оценка**

АСУ ТП применяемые в металлургической отрасли, состоят из четырёх уровней: нижний уровень – это уровень датчиков и контроллеров; уровень SCADA-систем – обработка, анализ и управление удаленными объектами; уровень MES-систем – синхронизация и координация; уровень ERP-систем – представляет организационную системную стратегию управления производственным процессом.

#### **1. Выбор аналогов механизма ввода-вывода информации и сбора данных**

В целях изучения механизма ввода-вывода информации и сбора данных на нижнем уровне автоматизированной системы управления (АСУ), были рассмотрены два аналога, наиболее распространённых в использовании на производстве: ПЛК S7-1200 [2] и ПЛК LOGO [3].

Для их экспертной оценки использовали три критерия: 1 – объём функций, 2 – стоимость, 3 – скорость передачи данных.

Таблица 1 – Сравнение аналогов механизма ввода-вывода информации

Ссылка на аналог	Оценки по критериям			Итого
	1	2	3	
[2]	0.5	0.4	0.7	1.6
[3]	0.8	1	0.8	2.6

В результате для дальнейшего анализа отобран аналог [3] – ПЛК LOGO.

#### **2. Выбор аналогов диспетчерского управления и сбора данных на уровне SCADA-систем**

SCADA процесс нужен для сбора информации реального времени с удаленных объектов для обработки, анализа и возможного управления удаленными объектами. Требование обработки реального времени обусловлено необходимостью доставки всех необходимых сообщений и данных на центральный интерфейс оператора. Было рассмотрено порядка 27 SCADA – систем, из которых выбраны наиболее популярные в своём использовании аналоги: Factory Link [4], InTouch [5], Genesis [6], RealFlex [7], Sitex[8].

Для анализа SCADA- систем использовались следующие критерии: 1 – надежность технологическая, 2 – надежность функциональная, 3 – безопасность

управления, 4 – точность обработки и представления данных, 5 – простота расширения системы.

Таблица 2 – Сравнение аналогов диспетчерского управления

Ссылка на аналог	Оценки по критериям					Итого
	1	2	3	4	5	
[4]	1	1	0.9	0.9	0.9	4.7
[5]	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	3.9
[6]	0.9	0.9	0.7	0.6	0.7	3.8
[7]	0.9	0.6	0.5	0.6	0.5	3.1
[8]	0.8	0.6	0.5	0.6	0.3	2.8

В результате отобран аналог [4] – SCADA- система Factory Link.

### 3. Выбор аналогов на уровне MES – систем

Исполнительные MES – системы решают задачи синхронизации, координируют, анализируют и оптимизируют выпуск продукции в рамках какого-либо производства. Из существующих MES – систем взяты 3 аналога: системы ФОБОС [9] и PolyPlan [10], используемые на крупных и средних предприятиях и система YSB.Enterprise [11], ориентируемая на сектор средних и мелких предприятий.

Выбранные аналоги проанализированы на основе следующих критериев: 1 – контроль состояния и распределение ресурсов, 2 – оперативное/детальное планирование, 3 – диспетчеризация производства, 4 – управление техобслуживанием и ремонтом.

Таблица 3 – Сравнение аналогов MES – систем

Ссылка на аналог	Оценки по критериям				Итого
	1	2	3	4	
[9]	1	0.9	1	0.9	3.8
[10]	1	1	0.6	0.7	3.3
[11]	1	0.9	0.8	0.8	3.5

В результате отобран аналог [9] – MES – система ФОБОС.

### 4. Выбор аналогов системы управления производственным процессом на уровне ERP – систем

ERP – система представляет из себя организационную системную стратегию, состоящую из объединения направлений производственного

процесса и его управления. Лидерами из большого числа аналогов являются: SAP ERP [12], 1C:ERP [13], Галактика [14], Oracle Applications [15], Microsoft Dynamics AX [16].

Для анализа вышеперечисленных систем было предложено 5 критериев: 1 – применимость, 2 – технические преимущества, 3 – управление факторами производства, 4 – интеграция корпоративных данных, 5 – расширенный функциональный блок.

Таблица 4 – Сравнение аналогов систем управления

Ссылка на аналог	Оценки по критериям					Итого
	1	2	3	4	5	
[12]	1	1	1	0.9	1	4.9
[13]	1	0.8	0.8	1	1	4.6
[14]	1	0.8	0.9	0.8	0.7	4.2
[15]	0.9	1	0.6	0.8	0.6	3.9
[16]	0.9	1	0.8	0.8	0.8	4.3

В результате отобран аналог [12] – система управления производственным процессом SAP ERP.

## **Пакет прототипов**

### **1. Пакет научных прототипов**

Прототипы распределены по двум рангам. Для системы мониторинга работы производственного оборудования определен нулевой ранг. Компилятивный прототип подсистем системы мониторинга работы производственного оборудования выбран в качестве прототипов 1 ранга. Ниже приведена их критика.

Таблица 5 – Пакет научных прототипов

Ранг	Наименование	Ссылка	Критика
0	Система мониторинга работы производственного оборудования	[3,4,9,12]	Системно-структурная неполнота
1	Подсистема механизма ввода-вывода информации	[2]	Функционально-параметрическая неполнота
	Подсистема диспетчерского управления	[4]	
	Подсистема синхронизации и анализа задач	[5,7]	
	Подсистема управления задачами	[10]	

## 2. Пакет корпоративных прототипов

Корпоративный прототип отражает текущее положение дел на предприятии. В результате работы удалось оценить фактические показатели и предоставить требуемые, которые возможно достичь в результате развития системы мониторинга работы производственного оборудования. Требуемые оценки показателей приведены в относительных долях.

Таблица 6 – Пакет корпоративных прототипов

Ранг	Наименование	Оценки	
		фактические	требуемые
0	Система мониторинга работы производственного оборудования	0.7	0.9 -1.0
1	Система ввода/вывода информации	0.9	0.9 -1.0
	Система сбора данных	0.9	0.9 -1.0
	Система анализа данных	0.7	0.9 -1.0
	Система информационного-обеспечения	0.8	0.9 -1.0
	Система управления	0.9	0.9 -1.0

Из показателей таблицы видно, что фактические показатели системы мониторинга работы производственного оборудования, система анализа данных и система информационного обеспечения не входят в требуемые значения. Из этого следует, что в рамках корпоративного прототипа необходимо модернизировать подсистемы прототипа нулевого ранга для достижения требуемых показателей.

### Результаты и обсуждение

В рамках исследования полученных прототипов системы мониторинга работы и наличием некоторых недостатков (см. табл.5) предполагается осуществить следующее:

- разработать открытую архитектуру подсистемы мониторинга, удовлетворяющей поставленным требованиям и переносимой на другие участки производства;
- разработать критерии достоверности передаваемых данных для формирования единообразного информационного потока;
- модернизировать подсистему идентификации и классификации остановок, с целью их прогнозирования;

- создание алгоритма предиктивной аналитики для повышения эффективности работы технических и производственных подразделений.

Результаты исследования:

- 1) Выбрано направление поиска и ключевые термины по проблематике.
- 2) Принято решение о формировании компилятивного прототипа.
- 3) Найдены аналоги подсистем нижнего и верхнего уровня управления АСУ.
- 4) Определены критерии оценки аналогов.
- 5) Проведено сравнение по выбранным аналогам.
- 6) Сформирован компилятивный прототип.
- 7) Проведена критика прототипа.
- 8) Выдвинуты гипотезы о предлагаемых решениях.

Выводы: объём проанализированной информации позволяет продолжить исследование. Поскольку были выявлены недостатки прототипа, влияющие на процесс передачи данных с нижнего на верхний уровень АСУ ТП, следовательно идея развития автоматизированной системы мониторинга работы производственного оборудования является актуальной.

### **Заключение**

В результате исследования было просмотрено порядка двух ста источников, соответствующих представленной теме научной работы, отобран ряд аналогов и определены их критерии оценки, в результате сравнения сформирован компилятивный прототип. Проведена критика прототипа и выдвинуты гипотезы о предлагаемых решениях. Сделан вывод о том, что данных результатов достаточно для перехода к моделированию.

### ***Библиографический список***

1. Ежегодный рейтинг крупнейших компаний : дайджест по материалам Эксперт-РА) // Эксперт. – 2019, октябрь. – № 37 (437). – С. 23.
2. Siemens S7-1200 : программируемый контроллер. – URL: <https://www.siemens-pro.ru/components/s7-1200.htm> (дата обращения: 04.04.2020).
3. LOGO! – красота в деталях. – URL: <https://new.siemens.com/ru/ru/produkte/avtomatizacia/sistemy-avtomatizacii/promyshlennye-sistemy-simatic/kontroller-simatic/logicheskie-moduli-logo.html> (дата обращения: 04.04.2020).



4. FACTORY LINK SCADA. – URL: <http://www.scadasoftware.net/> (дата обращения: 04.04.2020).
5. Wonderware InTouch. – URL: <https://www.wonderware.ru/hmi-scada/intouch/> (дата обращения: 04.04.2020).
6. SCADA-система GENESIS32 в сквозной автоматизации производства. – URL: <https://isup.ru/articles/2/243/> (дата обращения: 04.04.2020).
7. SCADA-системы: RealFlex / В. В. Баронов, Г. Н. Калянов, Ю. И. Попов, И. Н. Титовский. – Москва : ДМК Пресс, 2018. – 329 с. – ISBN 978-5-93700-034-7.
8. Золотарев С. Sitex / С. Золотарев. – Москва : ИнфраМ, 2008. – 416 с.
9. ФОБОС : офиц. сайт. – URL: <http://fobos.ru/> (дата обращения: 04.04.2020).
10. PolyPlan : сайт. – URL: <http://polyplan.ru/> (дата обращения: 04.04.2020).
11. YSBenter : офиц. сайт. – URL: <http://ysb.ru/> (дата обращения: 04.04.2020).
12. SAP-библиотека – SAP Business One 9.2. – URL: [https://help.sap.com/doc/saphelp\\_sbo92/9.2/enUS/44/c4c1cd7ca22e17e100000000a114a6b/frameset.htm](https://help.sap.com/doc/saphelp_sbo92/9.2/enUS/44/c4c1cd7ca22e17e100000000a114a6b/frameset.htm) (дата обращения: 24.04.2020).
13. 1С:ERP. Управление предприятием : информ. материалы. – URL: <https://v8.1c.ru/erp/info> (дата обращения: 24.04.2020).
14. CNEWS Business Priority : науч. журн. – URL: <https://www.eprussia.ru/news/base/2019/7463844.htm> (дата обращения: 24.04.2020).
15. OracleApp : офиц. сайт. – URL: <http://oracleapp.com/> (дата обращения: 24.04.2020).
16. Документация по Microsoft Dynamics 365. – URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/dynamics365/> (дата обращения: 24.04.2020).
17. Наука и Бизнес: Пути развития : журнал. – URL: [https://cnews.ru/articles/20170726\\_itdirektor\\_tm\\_k\\_tsifrovizatsiya\\_uskoryaet\\_razvitie\\_metallurgii](https://cnews.ru/articles/20170726_itdirektor_tm_k_tsifrovizatsiya_uskoryaet_razvitie_metallurgii) (дата обращения 18.12.2019).